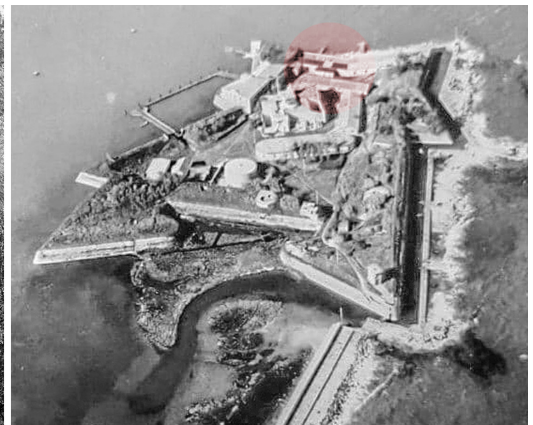
I 'Torresini da Polvere' della Repubblica di Venezia: i depositi in via Beltrami a Bergamo e del forte San Felice a Chioggia

Alessio Cardaci
Antonella Versaci

Abstract

Il tema del rilievo del verde è stato affrontato nel corso di vari decenni, prevalentemente in risposta alla necessità di catalogare le varie specie con finalità di manutenzione e gestione., soprattutto nell'ambito dei contesti urbani.
Con particolare riferimento agli alberi monumentali ed ai giardini storici, la tematica si presta oggi ad una più diffusa e organica trattazione, accogliendo competenze diversificate per individuare strategie di conservazione e valorizzazione, ossia mettendo a punto processi che possano creare un dialogo transdisciplinare che induca ricadute anche educative e sociali.
Un necessario approfondimento semantico contribuisce a meglio integrare dati eterogenei di tipo storico, iconografico, cartografico ed amministrativo, con informazioni provenienti da acquisizione laser scanning e fotogrammetria, sostanziando l'architettura di un sistema informativo, fruibile anche in *web based*, implementabile e interdisciplinare, utile alla valorizzazione e alla fruizione. In tale contesto sono esemplificate alcune tappe di una ricerca in corso di svolgimento sul Sito Reale di Portici, ed in particolare sul suo giardino ottocentesco, che mira a definire coerenti modalità di approccio, evidenziando problematiche e criticità, operative e strumentali, legate soprattutto alla definizione informativa, alla gestione delle nuvole di punti ed al loro trattamento in relazione alla messa a punto di un adeguato modello dialogativo.

Keywords
Rilievo 3D, disegno, restauro, conservazione, valorizzazione

Topics
Testimoniare

I 'Torresini da Polvere' in via Beltrami a Bergamo e nel forte San Felice a Chioggia in alcune immagini del secolo scorso.

doi.org/10.3280/oa-832-c23

Introduzione

Quel cruciale frangente della storia rappresentato dal passaggio tra il Medioevo e l'Età Moderna si contraddistingue per un profondo mutamento dell'arte della guerra, tale da giustificare secondo alcuni storici, l'uso del termine 'Rivoluzione Militare' [Parker 1988]. Una trasformazione che non rimane confinata ai soli campi di battaglia, ma determina nuovi rapporti di forza, sia tra gli Stati, sia all'interno della società. L'invenzione della 'polvere nera' e l'impego delle armi da fuoco, strumenti bellici dal semplice utilizzo, contribuirono in maniera sensibile al declino dell'aristocrazia feudale. Un esercito di valorosi cavalieri, uomini di nobile estrazione e insigniti del titolo da parte del monarca o del vescovo, necessitava infatti di un lungo addestramento e di un costoso impegno economico per il loro mantenimento. L'uso in battaglia di 'schioppi' e di 'archibugi' era invece possibile per la classe povera e proletaria; soldati a basso costo, arruolati direttamente in base alle necessità e in grado di liberare i governanti dal ricatto dei signori della guerra.

La potenza di uno Stato Moderno e la capacità di imporre la propria volontà sul territorio era, quindi, connessa alla produzione e alla conservazione della 'polvere da foco'. La Repubblica di Venezia fu tra i primi stati a comprendere l'importanza strategica della nuova invenzione e ad impiegarla, nel 1379, per espugnare ai genovesi la Torre de la Bebe di Chioggia, riconquistando la città e il controllo della laguna: "E furono tirate molte rochette su la cima della torre, e tra le altre una, che impizzò il colmo, che mai poterono estinguere il fuoco" [Chinazzi 1865, p. 129]. Venezia ha potuto contare, tra la fine del XIV e l'inizio del XV secolo, su una forza militare straordinaria costituita sia da un sistema di fortezze per l'efficace controllo dei suoi domini, sia da una potente flotta armata con le migliori artiglierie in grado di proteggere i suoi commerci [Beltrame, Morin 2014].
L'antica polvere da sparo era una combinazione meccanica di tre sostanze: lo zolfo, il carbone di legna e il salnitro. Lo zolfo, importato direttamente dai luoghi di produzione, e il carbone di legna, prodotto in loco, erano semplici da ottenere. Il salnitro, invece, era un sale prezioso data la scarsità di fonti naturali; esso richiedeva anche una lavorazione lunga e complessa ad opera di lavoratori esperti in virtù della sua tossicità e della sua capacità di esplodere se posto a contatto con una qualsiasi fonte di calore vivo. La prima fabbrica della mistura della Serenissima venne realizzata presso l'*Arsenal de Venezia*. La produzione era sotto il diretto controllo del Consiglio dei Dieci, l'autorità suprema della Repubblica, attraverso tre soprintendenti. La politica accentratrice della Serenissima fece sì che per molti secoli la fabbricazione avvenisse unicamente in laguna; due sole città, Padova e Brescia, ebbero successivamente la possibilità di realizzare in proprio la polvere.

Lo stoccaggio delle scorte avveniva in depositi limitrofi alla fabbrica, in magazzini spesso non sicuri contro il pericolo d'incendio e non sempre in grado di garantirne una conservazione ottimale. Il rischio costituito dallo stivaggio in un unico luogo di materiali esplosivi portò alla decisione di avviare la costruzione di particolare depositi – i c.d. 'Torresin da Polvere' o 'Caselli da Polvere' come successivamente verranno appellati – nelle isole della laguna. Architetture singolari la cui elegante geometria e la bellezza estetica ricordano le macchine belliche e d'assedio delle miniature dei trattati di ingegneria militare tardo medievali (rappresentazioni morfologiche e costruttive di valore più esemplare che tecnico, ma fondamentali testimonianze di uno studio di rinnovamento dovuto all'introduzione della polvere pirica) alle quali non fu estranea la costante influenza dei modelli antichi [Settia 2008; Valturio 1534].
Le fonti scritte documentano che, nel giugno del 1565, fu presentato al Consiglio dei Dieci un modellino di questi particolari edifici e venne deliberato di "realizzarli nelle dimensioni indicate dai periti" [Panciera 2002, p. 717]. E ancora, si legge che "nel 1569, il 13 settembre [...] si accese fuoco nella munizion dell'Arsenal, e rovinò le tre Piramidi, che erano fatte di pietra cotta, con porte di ferro, e coperte di piombo. S'intesero tre colpi l'uno tosto dopo l'altro con orribile spavento. Apparve come un fuoco in cielo [...] Si ebbe avviso, che lo strepito fu sentito sino in Istria e per tutto il territorio nostro di fuora, credendolo terremoto" [Galliccioli 1775, p. 278].

Fig. 01. Illustrazioni e forme geometriche di fortezze e macchine belliche tra me-dioevo ed età moderna (da R. Valturio, *De Re Militari*, Parigi 1483-1534).

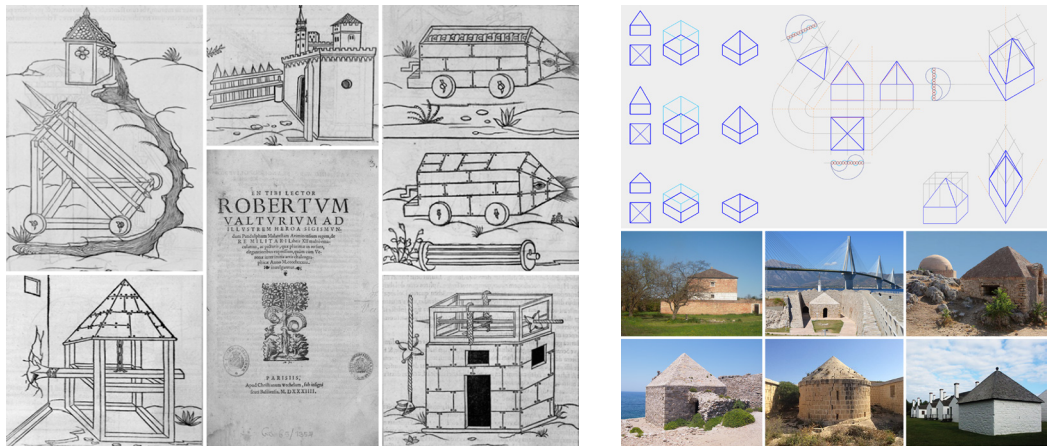
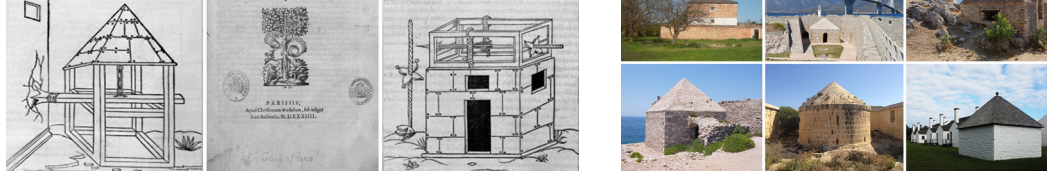



Fig. 02. Analisi grafica e confronto tra le differenti tipologie di torresino; testimo-nianze esistenti nella roccaforte di Bergamo, nella laguna di Venezia nelle isole del Mediterraneo.

Nel noto incendio dell'Arsenal, i depositi in parte in funzione permisero di limitare i danni all'intera città [Panciera 2006]. I primi tre torresini da polvere furono edificati in tre diverse isole della laguna: il Lazzaretto Vecchio, il Lazzaretto Nuovo e Santo Spirito. Le fortezze e i castelli 'fuora da Venezia' – sia dello Stato de Mar che dello Stato de Terra – dovevano sempre contenere una scorta idonea a poter fronteggiare le emergenze belliche e a garantire l'addestramento dei soldati; i torresini vennero quindi costruiti secondo una tipologia unica in varie parti dei domini veneziani, dalla roccaforte di Bergamo, lungo i Balcani, sino alla penisola del Peloponneso e all'isola di Corfù (figg. 01, 02).

Questo saggio, all'interno di un più ampio studio di documentazione e catalogazione delle poche testimonianze oggi superstiti, concentra la sua attenzione sui due casi studio particolarmente significativi: quello di via Beltrami a Bergamo e del forte San Felice a Chioggia. Il disegno, nella sua duplice veste, si è rivelato quindi lo strumento di indagine e comprensione dei due edifici che, seppur diversi, rivelano una stessa tipologia e delle caratteristiche dimensionali molto simili.

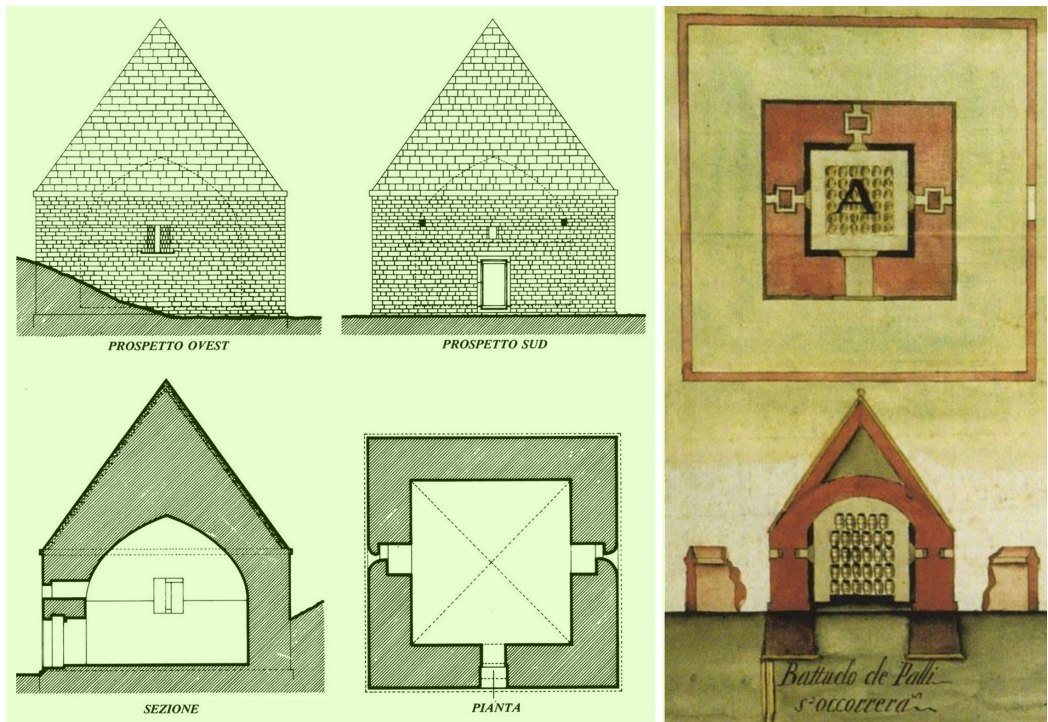



Fig. 03. I primi rilievi del torresino di Bergamo (da Ordine dei Geometri di Ber-gamo (a cura), *Rilievi e Disegni delle Mura Venete*, Bergamo 1980) e di quello di Chioggia (disegno del perito Gio Maria Scarpato, A.S. Ve. For-tezza ex 80 dis. 49, XVIII secolo).

Il disegno, nella declinazione del rilievo, per il caso di Bergamo e di ricostruzione dell'esistente, per il caso di Chioggia, è stato indispensabile per la lettura delle caratteristiche comuni delle architetture (fig. 03).

I Torresini da Polvere di Bergamo e Chioggia

I Torresini da Polvere sono tra gli edifici più belli, inusuali e curiosi dell'opera fortificata. La loro perfetta geometria è evidenziata dalla semplicità dei volumi che testimoniano "quel rigore che nell'architettura militare mai vien meno, neppure in piccoli edifici sussidiari dove sarebbe stato possibile concedersi divagazioni ornamentali" [Labà 1977]. Edifici senza contrafforti caratterizzati da un'alta piramide, con muri spessi in pietre di fornace e mattoni legati assieme da buona calce. Il rivestimento esterno è in pietra squadrata, generalmente ricavata da cave limitrofe ai luoghi di edificazione; in alcuni casi, spesso quelli in laguna, sono rivestiti in elegante marmo. La piramide è anch'essa rivestita in pietra aggrappata ad un conglomerato di calce e pietrame che ne crea la forma; essa è rivestita da lastre di piombo per essere impermeabile alle acque meteoriche. I torresini erano circondati da un alto muro che li proteggeva e li isolava. Sopra gli ingressi erano presenti gli stemmi della Serenissima: "le polveriere per ricovero della polvere si collocano in luoghi opportuni, e da non esser visti dalla campagna, e da non apportar danno all'abitato in caso di qualche disgrazia. Si fanno a piramide coperte di piombo per più sicurezza dalle piogge, con doppio recinto di muraglie; e l'uso militare è che il soldato, che a questo sta di guardia, non abbia arma da fuoco, ma solo asta o altra arma bianca" [Caccia 1793, p. 171].
Essi sono internamente costituiti da un unico ambiente coperto con una volta a padiglione in mattoni, materiale utilizzato anche le pareti interne. Queste ultime sono ricoperte da tavole in legno di grosso spessore al fine della protezione dall'umidità; il pavimento, anch'esso ligneo, è sollevato dal suolo per garantire una piccola zona areata, in alcuni casi in comunicazione con l'esterno. A volte è presente un soppalco per separare dalla volta e garantire un maggiore isolamento termoigrometrico. Le aperture sono del tipo a baionetta, al fine di proteggere le polveri da materiale incendiario lanciato da fuori, e l'uscio ha un sistema a doppia porta e a doppio serraglio.
"I Veneziani nella costruzione de' magazzini conservadori delle polveri hanno adottata una sola forma, e bisogna ben dire, che dessa soddisfaccia al vero scopo di preservare le polveri dal deterioramento" [Melandri 1814, p. 149]. Una stessa tipologia che si è adattata alle caratteristiche geomorfologiche dei luoghi e alla cultura costruttiva locale; edifici più austeri e forti al confine dello Stato più rifiniti ed eleganti quelli costruiti nella laguna.
La costruzione a Bergamo di una "toresella per meter la monitione della polvere a monte dell'aloziamenti alla porta di Sant'Alessandro" [Cappellini 1987, p. 8] è confermata dal contratto della gara d'incanto (d'appalto) datato al dicembre del 1580. Lo stesso documento indica anche la realizzazione di un'altra "toresella sotto il Colaperto, in la ripa sotto la muraglia nova" (*ibidem*). Un terzo deposito era presente nel Castello di San Virgilio. Il podestà Alvise Capello, nel 1666, nel comunicare la situazione 'delle polveri' descrive che esse erano suddivise in tre torrette, due vicine in città e la terza nel 'Castello'; la terza polveriera è raffigurata anche in una celebre veduta dell'Ottocento del pittore Luigi Deleidi, detto il Nebbia. I torresini di Bergamo sono ancora attivi nel XVIII secolo, ma bisognosi di interventi di restauro; il capitano Francesco Rota, nel 1759, racconta della rimozione delle coperture in piombo per rinnovarle e dell'abbattimento dei muri laterali, ma i lavori non furono mai completati. Il trasferimento della produzione della polvere nei borghi 'bassi', in pianura, al fine di limitare la costante minaccia di un'esplosione nella città e impiegare per i macchinari la forza motrice dell'acqua delle rogge, ridusse gradualmente l'importanza dei tre torresini che vennero con il tempo abbandonati.

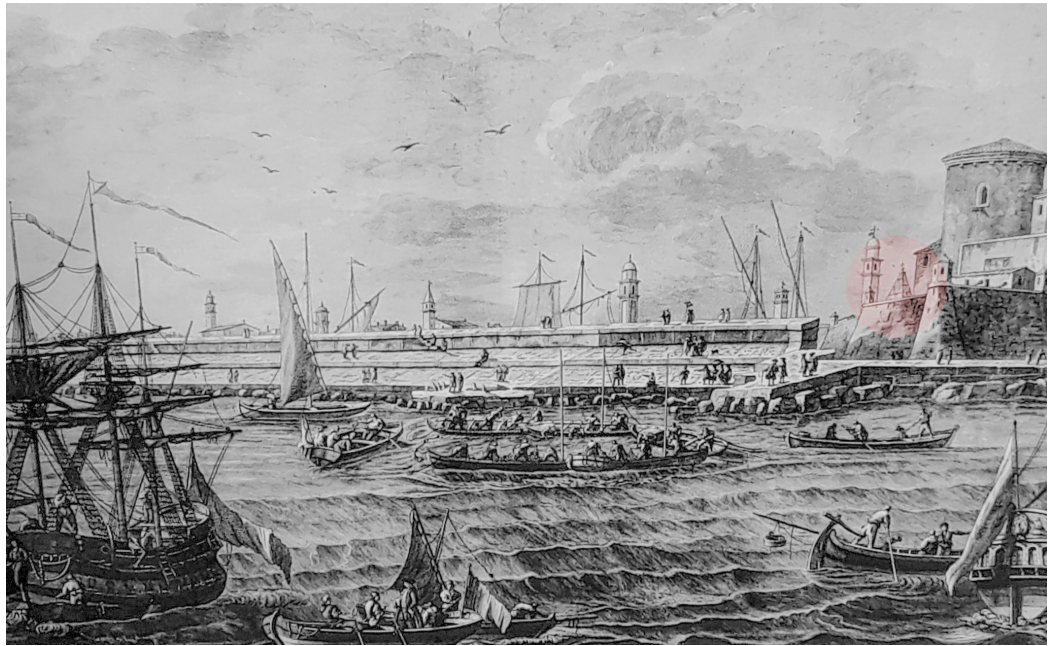
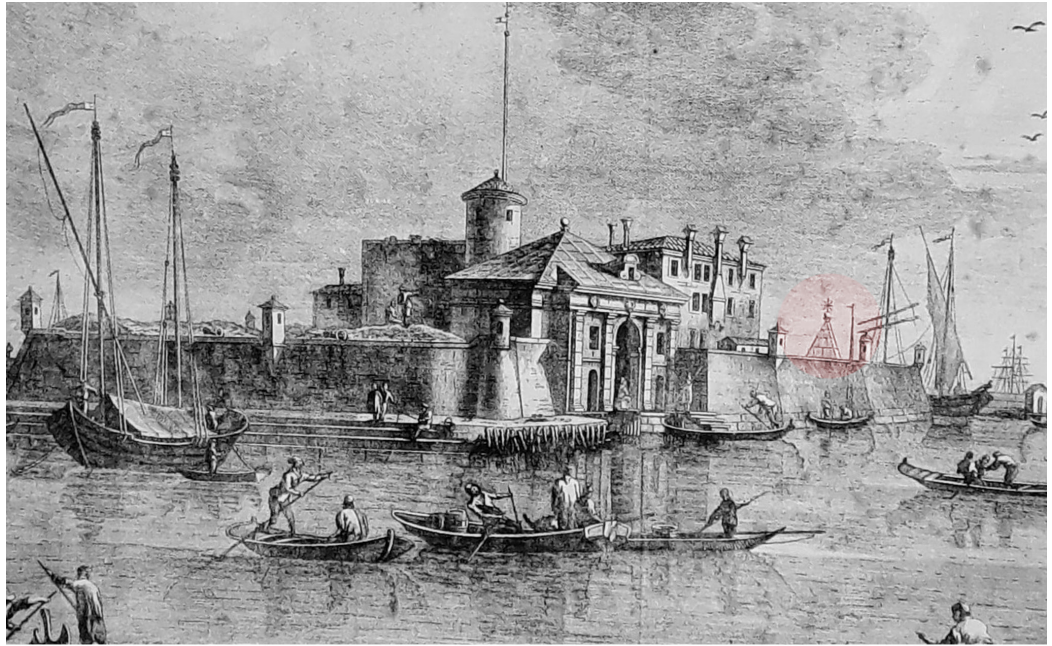



Fig. 04. F. Tironi e A. Sandi, Prospectus Maris, sec. XVIII (da A. Boscolo Nata e E. Antico, *Il forte San Felice e altre fortificazioni della laguna di Vene-zia*, Chioggia 2011).

Fig. 05. Le fasi costruttive del forte di San Felice: la configurazione originale nel XVI secolo, l'ampliamento del XVIII secolo e gli interventi austriaci del XIX secolo.

Fig. 06. Il forte San Felice oggi dove il torresino, privato di parte della sua caratte-ristica copertura è'inglobato e nascoso' in una costruzione del XX secolo.

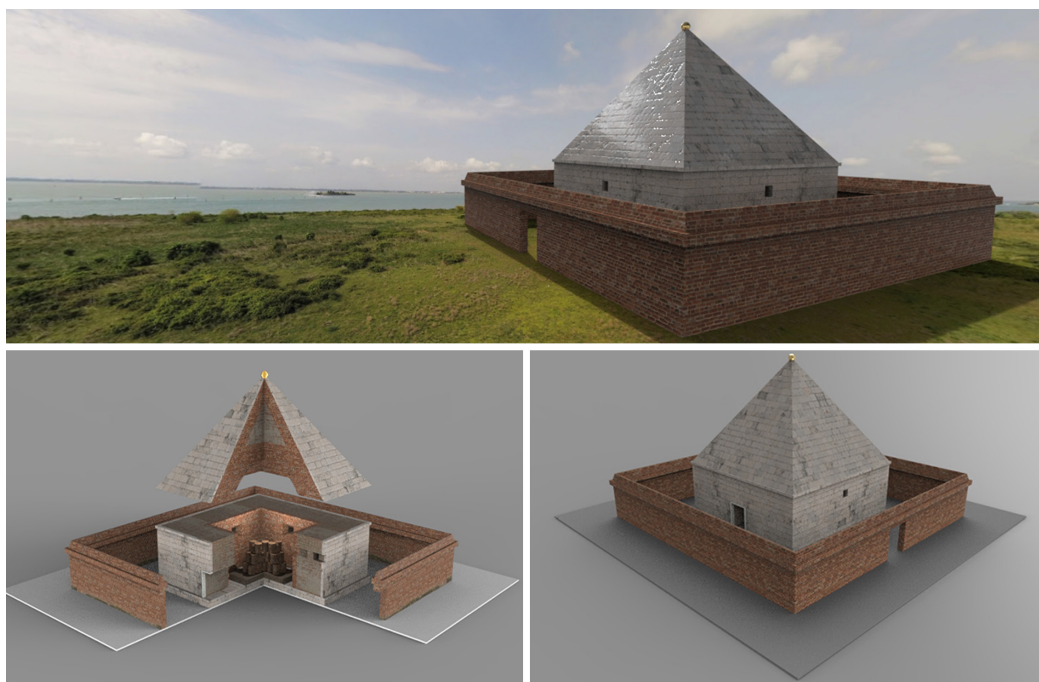



Fig. 07. La ricostruzione virtuale del torresino (dal rilievo del perito Gio Maria Scarpato del XVIII secolo) contestualizzato nel paesaggio della laguna.

Oggi solo uno di essi, quello di via Beltrami, è fruibile perché pubblico e recentemente restaurato; un altro, privato, è stato per lungo tempo impiegato come stalla, mentre il terzo è stato demolito nel periodo austriaco.
Il torresino di Chioggia venne costruito all'interno dell'antico castello medievale della Lupa (o Lova), la fortificazione a nord della foce del Brenta con funzione sia militare – a difesa di una delle 'bocche' di accesso alla laguna – sia di controllo daziario. La prima fortificazione, eretta negli anni successivi alla Guerra di Chioggia (137981), fu ampliata nel contesto del grandioso progetto di Michele Sanmichèli per la "messa in isola" di Chioggia nel tardo Cinquecento; a questo periodo risalgono le prime descrizione della polveriera veneziana come una struttura quadrata con muri di pietra spessi dall'architettura semplice e robusta [Tiozzo 1999].
La polveriera appare nel disegno planimetrico degli interventi del XVIII secoli per la salvaguardia della cinta muraria dall'azione erosiva del mare e delle correnti; essa è anche rappresentata nei rilievi del XIX secolo degli austriaci, prima dei lavori di ristrutturazione dove venne inglobata all'interno di un nuovo edificio [Boscolo, Antico 2011]. Il disegno di grande dettaglio, in cui è rappresentata in pianta e in sezione, è ad opera del perito Giovanni Maria Scarpato. Esso contiene tutti gli elementi per una riflessione tecnico costruttiva sull'edificio (figg. 04-07).

Il disegno per la comprensione

I torresini di via Beltrami a Bergamo e del forte San Felice a Chioggia sono due casi studio particolarmente significativi. Il primo si conserva oggi in un buono stato e senza aver subito molte modifiche della struttura originale. La documentazione è carente e lacunosa e l'esercizio svolto ai fini della sua comprensione è stato possibile solo attraverso un'attività di rilevamento puntuale e mirata. Il secondo è 'invisibile', perché nascosto all'interno di un nuovo fabbricato che lo ha inglobato ed annesso; sono però presenti molte descrizioni ma, soprattutto, un rilievo accurato che ne descrive la geometria e le particolarità costruttive.
La loro geometria, anche se di grande semplicità, è testimonianza di un'attenta e colta ricerca che si materializza nella perfetta combinazione di un semicubo e di un semiottaedro.

Fig. 08. Il torresino in via Beltrami a Bergamo: dopo il restauro degli anni '80 dello scorso secolo, nel primo decennio del nuovo secolo e in seguito agli interventi del 2021.

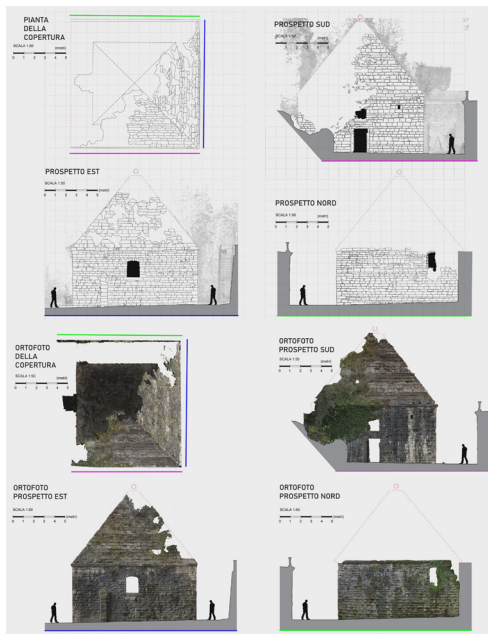



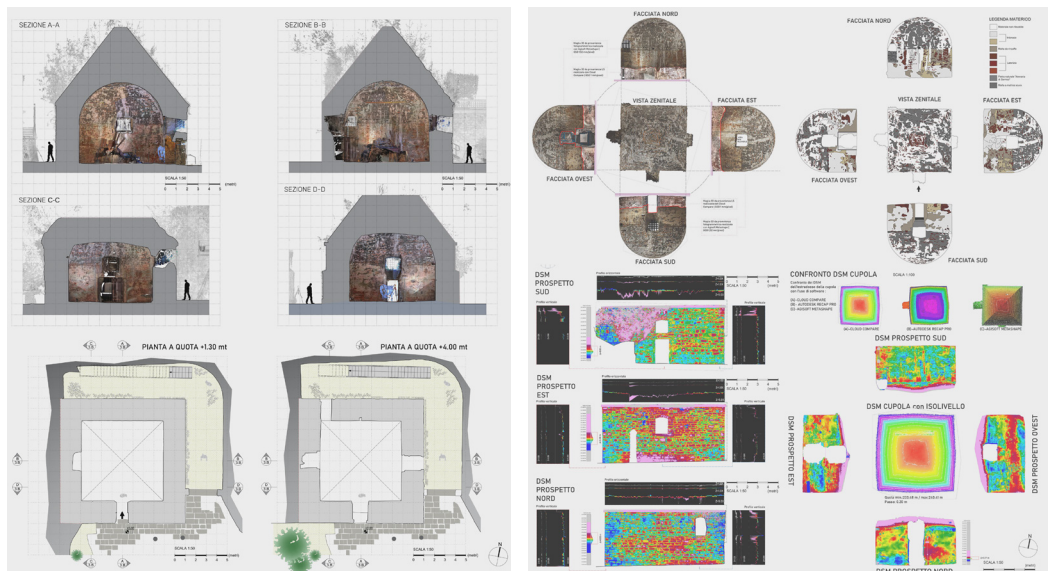
Fig. 09. Il rilievo integrato del torresino di Bergamo: diretto, topografico, con sen-sori attivi (3D laser scanning) e passivi (fotogrammetria terrestre e area con sistemi UAV).

Fig. 10. Il torresino di Bergamo: restituzione degli alzati (proiezioni ortografiche e caratterizzazione muraria).

Entrambi caratterizzati da un impianto perfettamente quadrato, suddivisibile in 12 moduli, i due torresini presentano un'altezza del fronte pari alla metà del lato (ovvero 6 moduli); al di sopra, si eleva la piramide, formata da 4 triangoli perfettamente equilateri di 12 moduli di lato; una peculiarità che li differenzia, sia dalla tipologia della laguna (con una piramide più slanciata formata da triangoli isosceli con i lati maggiori più lunghi della base), sia da quella mediterranea (con una piramide più tozza dove i lati lunghi dei triangoli isosceli sono più corti della base).

Lo studio si è posto quale obiettivo finale la ricomposizione digitale non solo degli edifici, ma anche e soprattutto la costruzione virtuale del paesaggio storico in cui essi erano inseriti, nel periodo di massimo utilizzo; i due processi, pur basandosi entrambi su un'approfondita analisi degli archivi, hanno avuto una genesi differente. La ricostruzione digitare del torresino di Forte San Felice a Chioggia, oggi inglobato e nascosto all'interno di una costruzione ottocentesca, è stato condotto sulla base di disegni di archivio (forse il progetto di costruzione); il torresino in via Beltrami – uno dei pochi edifici militari, unitamente alle mura, attualmente rimasti quasi intatti a Bergamo – è stato ricontestualizzato partendo dai dati di un accurato rilievo integrato 3D laserscanning e fotogrammetrico.
Le tecnologie digitali, in particolare per questo secondo caso, hanno espresso tutto il loro potenziale legato alla visualizzazione del progetto di restauro, consentendo di integrare in un unico ambiente fruibile online i dati metrici delle misurazioni con quelli relativi allo stato materico e alle patologie di degrado delle superfici. Tutto questo ha permesso di poter rileggere il modello nella sua condizione prima, durante e dopo l'intervento, nonché di far riemergere le tracce tangibili di un passato, alterato dagli eventi e dagli effetti del tempo (figg. 08-12).

Fig. 11. Il torresino di Bergamo: la restituzione delle piante e delle sezioni interne. Sovrapposizione delle proiezioni ortografiche al disegno 'alla pietra'.

Fig. 12. Il torresino di Bergamo: rilievo materico, mappatura del degrado, analisi delle deformazioni della copertura piramidale e della volta, verifica dei fuori piano degli alzati.

Riferimenti bibliografici

Beltrame C., Morin M. (a cura di). (2014). *I cannoni di Venezia: artiglierie della Serenissima da fortezze e relitti.* Borgo San Lorenzo: All'insegna del giglio.

Boscolo A., Antico E. (2011). *Il forte San Felice e le fortificazioni della laguna meridionale di Venezia.* Sottomarina: il Leggio.

Caccia F. (1793). Trattato scientifico di fortificazione sopra la storia particolare di Bergamo. In Tas-si, F. M. *Vite de' pittori, scultori e architetti Bergamaschi*. (Tomo 2) Bergamo: Stamperia Locatelli, pp. 159-185.

Capellini P. (1987). *Le Polveriere Venete*. Clusone: Tipolitografia Cesare Ferrari

Chinazzi D. (1865). *Cronaca della Guerra di Chioggia: pubblicata da Lodovico Anton Muratori ed ora in comoda forma ridotta e diligentemente riveduta e corretta*. Milano: G. Daelli e comp. Editori.

Gallicciolli G. (1775). *Delle memorie venete antiche profane ed ecclesiastiche raccolte da Giambat-tista Gallicciolli*. Venezia: Domenico Fracasso editore.

Labaa G. M. (coautore). (1977). *Le mura di Bergamo*. Bergamo: Azienda Autonoma di Turismo.

Melandri G. (1814). *Saggio di pirotecnia: che contiene la fabbricazione delle polveri da cannone a Venezia*. Treviso: Tipografia di Antonio Paluello.

Panciera W. (2002). Alla man et al fogho, la polvere da sparo di Venezia nel secondo Cinquecento. In *Società e Storia*, vol 12. Milano: Franco Angeli, pp. 1000-1033.

Panciera, W. (2006). Venetian gunpowder in the second half of the Sixteenth Century: production, storage, use. In *Gunpowder, Explosives and the State*. London: Routledge, pp. 117-146.

Parker G. (1988). *The Military Revolution: military innovation and the rise of the west*, 1500-1800. Cambridge: Cambridge University Press.

Settia A. A. (2008). *De re militari: pratica e teoria nella guerra medievale*. Roma: Viella Editore.

Tiozzo P. G. (1999). *Il forte San Felice di Chioggia*. Venezia: Stampa Poligrafica Venezia.

Valturio R. (1534). *De Re Militari* (ristampa dell'opera del 1483). Paris: Christian Wechel.

Autori
Alessio Cardaci, School of Engineering, University of Bergamo, Bergamo, alessio.cardaci@unibg.it
Antonella Versaci, Faculty of Engineering and Architecture, University of Enna 'Kore', Enna, antonella.versaci@unikore.it

Per citare questo capitolo: Cardaci Alessio, Versaci Antonella (2022). I 'Torresini da Polvere' della Repubblica di Venezia: i depositi in via Beltrami a Bergamo e del forte San Felice a Chioggia/The Torresini da Polvere of the Republic of Venice. The powderhouses in via Beltrami in Bergamo and in the San Felice fort in Chioggia. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers.* Milano: FrancoAngeli, pp. 261-277.

Isbn 9788835141938

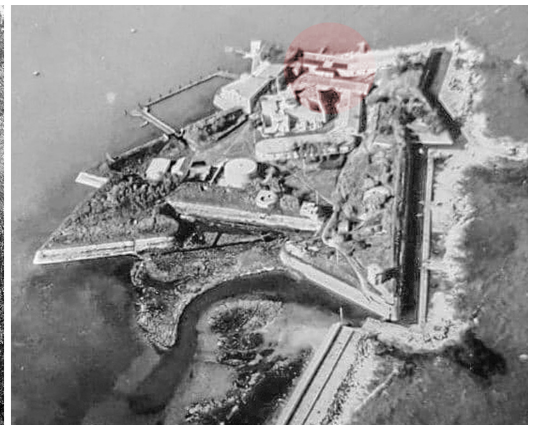
The *Torresini da Polvere* of the Republic of Venice. The powderhouses in via Beltrami in Bergamo and in the San Felice fort in Chioggia

Alessio Cardaci
Antonella Versaci

Abstract

The invention of black powder and the use of firearms mark a crucial juncture in history linked to the transition between the Middle Ages and the modern era. The Republic of Venice soon understood the strategic importance of the invention. The Arsenal of Venice was one of the first factories in the powerful mixture. Its production was under the direct control of the Council of Ten, the supreme authority of the *Serenissima*. The storage of the gunpowder took place inside small, unusual and curious buildings characterised by a particular pyramid roof. Their perfect geometry, highlighted by the simplicity of the volumes, testifies to that rigour that never fails in military architecture, not even in small subsidiary depots where it would have been possible to indulge in ornamental digressions. This essay, within a broader study of documenting and cataloguing the few surviving testimonies, focuses its attention on two particularly significant case studies - the powderhouses of via Beltrami in Bergamo and Forte San Felice in Chioggia - to highlight their peculiarities and their conservation and enhancement potentials.

Keywords
Rilievo 3D, disegno, restauro, conservazione, valorizzazione

Topic
Witnessing

The *Torresini da Polvere* in via Beltrami at Bergamo and in the San Felice fort at Chioggia in some images from the last century.

doi.org/10.3280/oa-832-c23

Introduction

That crucial juncture in history represented by the transition from the Middle Ages to the modern world is characterised by a profound change in the art of war, such as justifying, according to some historians, the use of the term 'Military Revolution' [Parker 1988]. A transformation that was not confined to battlefields alone, but which determined new power relations, both between states and within society. The invention of black powder and the use of firearms (war tools easy to use) con-tributed significantly to the decline of feudal aristocracy. An army of brave knights, nobles of old extraction and/or made noble by the monarch or the bishop needed long training and an expensive financial commitment for their maintenance. The use of guns and arquebuses in battle was instead possible for the poor and proletarian class: low-cost soldiers, directly enlisted based on need and able to free the rulers from the blackmail of the warlords.
The power of a modern state and the ability to impose one's will on the territory were, therefore, connected to the production and conservation of gunpowder. The Republic of Venice was among the first states to understand the strategic importance of the invention. In 1379, it used it to capture the Torre de la Bebe di Chioggia from the Genoese, regaining the city and control of the lagoon [Chinazzi 1865, p. 129]. Between the end of the 14th and the beginning of the 15th centuries, Ven-ice was able to count on an extraordinary military force consisting of both a system of fortresses for the effective control of its domains and a powerful fleet armed with the best artillery to protect its businesses [Beltrame, Morin 2014]. Ancient gunpowder was a mechanical combination of three substances: sulphur, charcoal and salt-petre. The sulphur was imported directly from the places of production, while the charcoal was pro-duced locally, and they both were easy to obtain. On the other hand, the saltpetre was a precious salt, given the scarcity of natural sources. It also required a long and complex extraction process by skilled workers due to its toxicity and its ability to explode if placed in contact with any source of live heat. The first factory of the *Serenissima* mixture was built at the *Arsenal de Venezia*. The produc-tion was under the direct control of the Council of Ten, the supreme authority of the Republic, through three supervisors. The centralising policy of the *Serenissima* meant that for many centuries, the manufacture took place only in the lagoon. It was only later, two cities, Padua and Brescia, had the opportunity to produce the black powder on their own. The stock was stored adjacent to the factory in warehouses, often unsafe against the danger of fire and not always guaranteed optimal conservation. The risk constituted by the storage in a single place of explosive materials led to the decision to start the construction of depots in the islands of the lagoon: the so-called *Torresin da Polvere* or *Caselli da Polvere*, as they will later be referred to. Written sources document that, in June 1565, a model of these buildings was presented to the Council of Ten, and it was decided to 'build them in the dimensions indicated by the experts' [Pan-ciera 2002, p. 717]. Again, we read that 'in 1569, on September 13 [...] a fire was lit in the Arsenal ammunition, and ruined the three Pyramids, which were made of baked stone, with iron doors, and covered with lead. Three blows were heard, one soon after the other with horrible fright. It appeared like a fire in the sky […] We had notice that the noise was heard as far as Istria and throughout our territory outside, believing it to be an earthquake' [Galliccioli 1775, p. 278].
In the well-known Arsenal fire, the partially operational depots made it possible to limit damage to the entire city [Panciera 2006]. The first three powderhouses were built on three different islands in the lagoon: the Lazzaretto Vecchio, the Lazzaretto Nuovo and Santo Spirito. The fortresses and castles 'outside Venice'- owning both to the *Stato de Mar* and the *Stato de Terra* - always had to contain a suitable reserve to face war emergencies and to ensure the training of soldiers. The *torresini* were then built according to a unique typology in various parts of the Venetian dominions, from the stronghold of Bergamo along the Balkans to the Peloponnese peninsula and the island of Corfu (figg. 01, 02). This essay, within a broader study of the documentation and cataloguing of the few surviving testi-monies today, focuses on the two most significant case studies: those via Beltrami in Bergamo and of Forte San Felice in Chioggia. The drawing, in its dual role, therefore, proved to be the prior in-strument of investigation and understanding of the two buildings, which, although different for sev-eral

aspects, reveal the same typology and similar dimensional characteristics. The drawing, in the declination of the survey for the case of Bergamo and the reconstruction of the existing one for the case of Chioggia, was indispensable for reading the common characteristics of the architecture (fig. 03).

Fig. 01. Illustrations and geometrical forms of fortresses and war machines between the Middle Ages and modern times (from R. Valturio, *De Re Militari*, Paris 1483-1534).

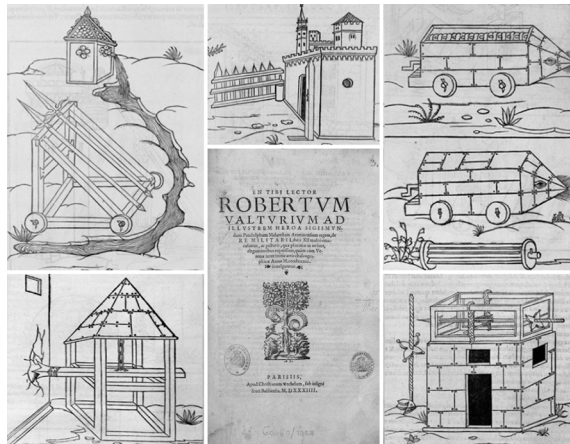



Fig. 02. Graphical analysis and comparison between the various types of torresino; examples in the bastion of Bergamo, in the lagoon of Venice and in the Mediterranean islands.

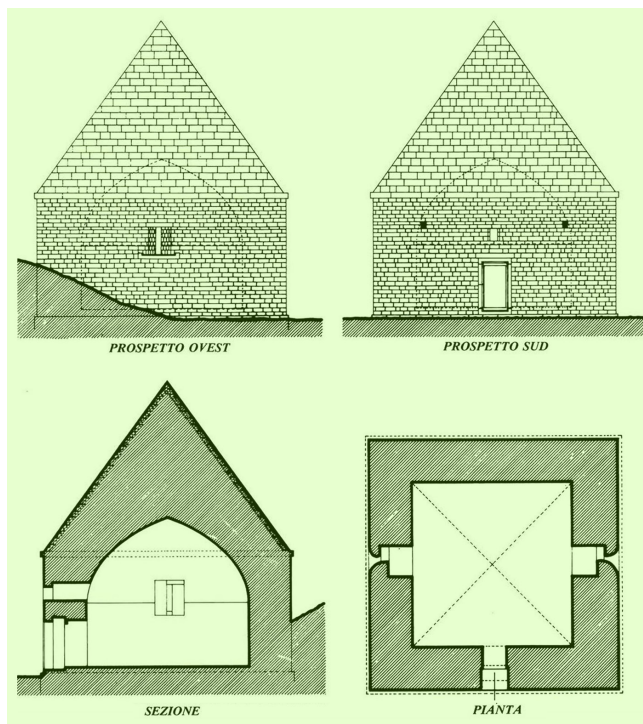
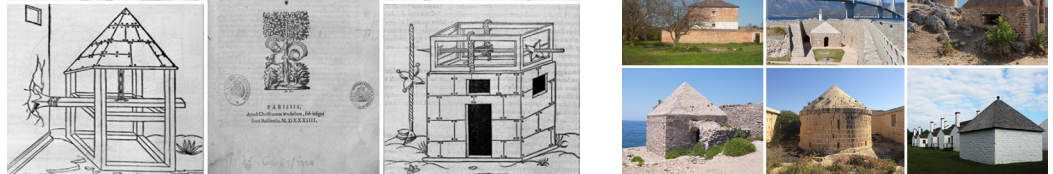
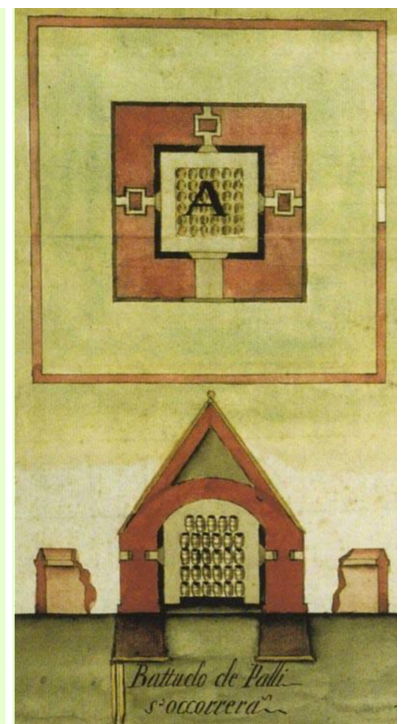



Fig. 03. The first surveys of the *torresino* of Bergamo (from the Order of Surveyors of Bergamo (ed.), *Rilievi e Disegni delle Mura Venete*, Bergamo 1980) and of that of Chioggia (drawing by the expert Gio Maria Scar-pato, A.S. Ve. Fortezza ex 80 dis. 49, 18th century.

The *Torresini da Polvere* of Bergamo and Chioggia

The *Torresini da Polvere* are among the most beautiful, unusual and curious fortified buildings. Their perfect geometry is highlighted by the simplicity of the volumes that testify 'that rigour that never fails in military architecture, not even in small subsidiary buildings where it would have been possible to indulge in ornamental digressions' [Labà 1977]. They are buildings without buttresses characterised by a high pyramid, with thick walls in kiln stones and bricks bound together with good lime. The external cladding is in square stone, generally obtained from quarries adjacent to the places of construction; in some cases, often

those in the Venetian lagoon are covered in elegant marble. The pyramid is also covered by stone clinging to a conglomerate of lime and boulders that creates its shape; it is covered with lead plates that are impermeable to rainwater.
The torresini were surrounded by a high wall that protected and isolated them. Above the entrances were the coats of arms of the Serenissima: 'The powderhouses are in suitable places, and not to be seen from the countryside, and not to damage the inhabited area in case of any misfortune.
They are made like a pyramid covered with lead for greater safety from the rains, with a double wall enclo-sure; and the military use is that the soldier, who is guarding this, does not have a firearm, but only a rod or other cold steel' [Caccia 1793, p. 171]. They are internally made up of a single room covered with a brick pavilion vault, a material also used for the internal walls. The latter is covered with thick wooden boards to protect against humidi-ty. The floor, also wooden, is raised from the ground to ensure a small, ventilated area, in some cases, in communication with the outside. Sometimes, there is a mezzanine to separate from the vault and ensure greater thermo-hygrometric insulation. The openings are of the bayonet type to protect the dust from incendiary material thrown from the outside, and the door has a double door and double menagerie system.
According to Melandri, 'the Venetians in the construction of the powder storage warehouses adopt-ed only one form, and it must be said, that it satisfies the real purpose of preserving the dust from deterioration' [Melandri 1814, p. 149].
The same typology was adapted to the geo-morphological characteristics of the places and to the local building culture: more austere and strong buildings on the border of the state, more refined and elegant those built in the lagoon. The construction in Bergamo of a *toresella* to store the gunpowder upstream of the aloziamenti at the door of Sant'Alessandro' [Cappellini 1987, p. 8] is confirmed by the tender contract dated De-cember 1580. The same document also indicates the construction of another *toresella* under Col Aperto (ibidem). A third deposit was present in the Castle of San Virgilio. The mayor, Alvise Capello, in 1666, in communicating the 'dust situation' describes that they were divided into three turrets, two close to the city and the third in the castle. The third powder magazine is also depicted in a famous 19th century view by the painter Luigi Deleidi, known as Nebbia.
The *torresini* of Bergamo were still in force in the 18th century while in disrepair. Captain Francesco Rota, in 1759, tells of the removal of the lead roofing to renew them and the demolition of the side walls, but the works were never completed. The transfer of dust production to lower villages in the plains to limit the constant threat of an explosion in the city and using the driving force of the water from the canals for the machinery gradually reduced the importance of the three powerhouses that were abandoned over time. Today, only one of them, that via Beltrami, is used as a public property and has recently been restored; another, private, was used as a stable for a long time, while the third was demolished in the Austrian period.

The *torresino* of Chioggia was built inside the old, medieval castle of the Lupa (or Lova), the fortifi-cation north of the mouth of the Brenta with both a military function – in defence of one of the mouths that provided access to the lagoon – and of control diary. The first fortification, erected in the years following the War of Chioggia (1379-81), was enlarged in the context of the grandiose defensive works by Michele Sanmicheli (1484-1559), who built walls and fortifications in the late 16th century.
The first description of the Venetian powder magazine as a simple and robust square structure with thick stone walls dates to this period [Tiozzo 1999]. The powder magazine appears in the planimetric drawing referring to the interventions made in the 18th century to safeguard the walls from erosion, mostly due to wave and current action. It is also represented in the surveys made in the 19th century by the Austrians before the renovation works that incorporated it into a new building.
The very detailed drawing, in which it is represented in the plan and section, is made by the expert Giovanni Maria Scarpato. It contains all the elements for the technical constructive analysis of the building (figg. 04-07).

Fig. 04. F. Tironi and A. Sandi, Prospectus Maris, 18th century (from A. Boscolo Nata and E. Antico, *Il forte San Felice e altre fortificazioni della laguna di Venezia*, Chioggia 2011)

Fig. 05. The construction phases of the San Felice fort: the original configuration in the 16th century, the enlargement made in the 18th century and the Austrian interventions in the 19th century.

Fig. 06. The San Felice fort today: you can see the torresino, deprived of part of its characteristic roof, embedded and hidden in a building of the 20th century.

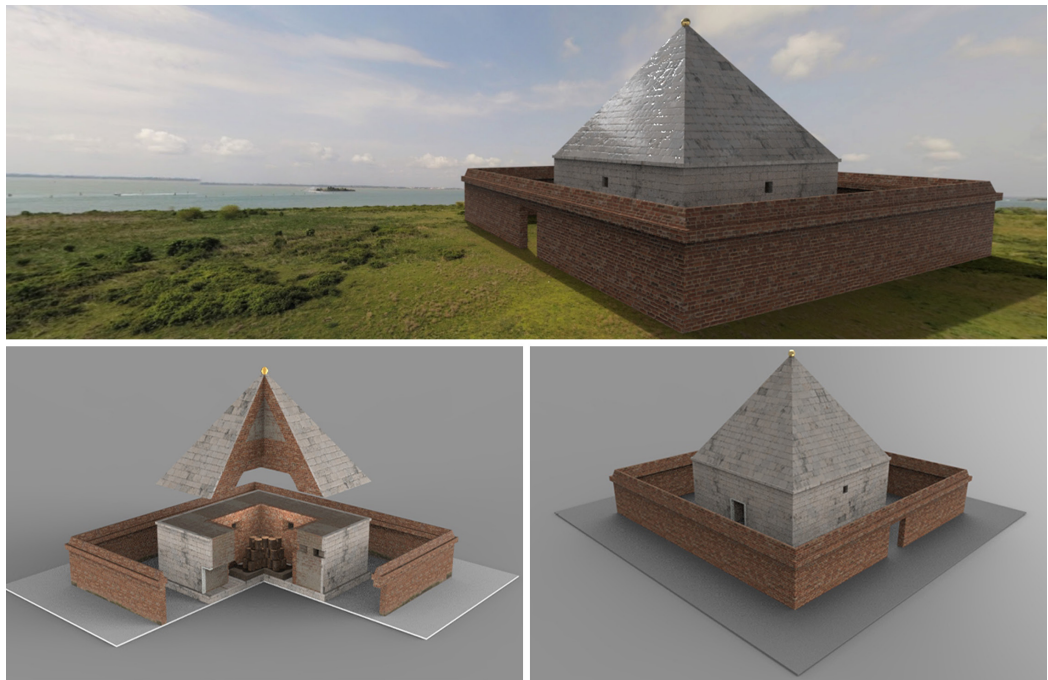



Fig. 07. The virtual reconstruction of the *torresino* (from the survey of the expert Gio Maria Scarpato, 18th century) contextualized in the landscape of the lagoon.

The drawing as a tool for understanding

The *torresino* of via Beltrami in Bergamo and that of San Felice fort in Chioggia are two particularly significant case studies. The first is today preserved in good condition and without having undergone many changes to the original structure. However, its documentation is lacking and incomplete, and the exercise carried out for its understanding was only possible through a timely and targeted survey.
The second is 'invisible', as it is hidden inside a new building that has incorporated and an-nexed it; however, there are many descriptions, but, above all, an accurate survey that illustrates the geometry and construction details. Their geometry, even if of great simplicity, reflects careful and cultured research that materialises in the perfect combination of a semi-cube and a semi-octahedron. The two small towers are charac-terised by a perfectly square system, which can be divided into 12 modules. Both have a front height equal to half of the side (i.e., 6 modules).
Above, the pyramid rises, formed by four perfectly equilateral triangles with 12 modules on each side: a peculiarity that differentiates them both from the type of lagoon (with a slenderer pyramid formed by isosceles triangles having sides longer than the base) and from the Mediterranean one (with a squatter pyramid where the long sides of the isosceles triangles are shorter than the base).
The final objective of the study was the digital reconstruction not only of the buildings but also, above all, the virtual construction of the historical landscape in which they were inserted in the peri-od of maximum use. The two processes, while both based on an in-depth analysis of the archives, had a different genesis. The reconstruction of the small *torresino* of Forte San Felice in Chioggia was carried out based on archive drawings (perhaps the construction project).
The *torresino* in via Beltrami – one of the few military buildings, together with the walls, currently almost intact in Bergamo – has been recontextu-alised starting from the data of an accurate integrated 3D laserscanning and photogrammetric survey. For this second case, digital technologies have expressed all their potential linked to the visualisation of the restoration project, allowing for integration in a single environment that can be used online, the metric data of the measurements with those relating to the material state and pathologies of sur-face degradation.

All this made it possible to re-read the model in its condition before, during and after the intervention, as well as to bring out the tangible traces of a past altered by the events and effects of time (figg. 08 -12).

Fig. 08. The *torresino* in via Beltrami, Bergamo: after the restoration in the 1980s, in the first decade of the new century and following the 2021's interventions.

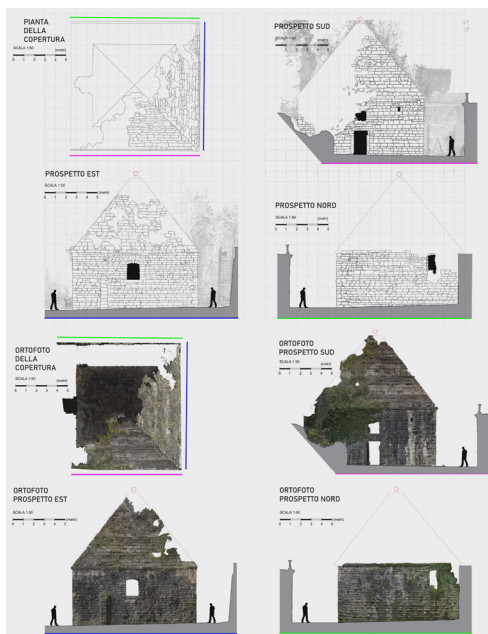



Fig. 09. The integrated survey of the *torresino* in Bergamo: direct, topographic, with active (3D laser scanning) and passive (terrestrial and area photogrammetry with UAV systems) sensors.

Fig. 10. The *torresino* in Bergamo: orthographic projections and wall characterization.

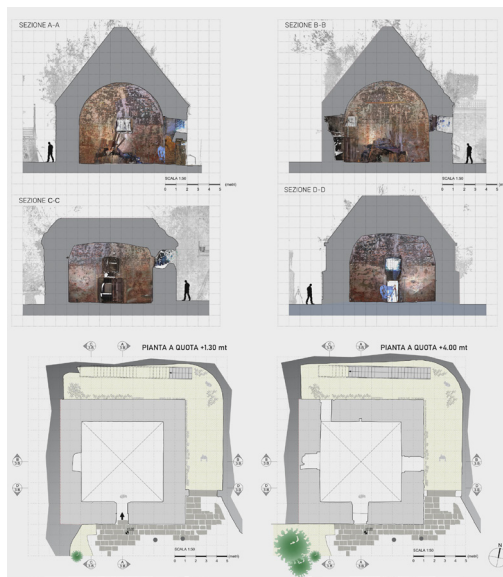
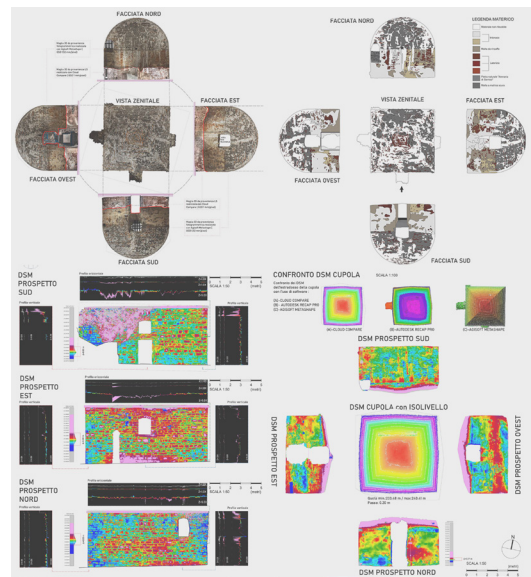



Fig. 11. The *torresino* in Bergamo: plans and cross-sections. Superposition of the orthographic projections on the drawing.

Fig. 12. The Bergamo torresino: survey of materials, decay mapping, analysis of the deformations of the pyramidal roof and of the vault, evaluation of the out-of-plane walls.

References

Beltrame C., Morin M. (a cura di). (2014). *I cannoni di Venezia: artiglierie della Serenissima da for-tezze e relitti.* Borgo San Lorenzo: All'insegna del giglio.

Boscolo A., Antico E. (2011). *Il forte San Felice e le fortificazioni della laguna meridionale di Vene-zia.* Sottomarina: il Leggio.

Caccia F. (1793). Trattato scientifico di fortificazione sopra la storia particolare di Bergamo. In Tas-si, F. M. *Vite de' pittori, scultori e architetti Bergamaschi*. (Tomo 2) Bergamo: Stamperia Locatelli, pp. 159-185.

Capellini P. (1987). *Le Polveriere Venete*. Clusone: Tipolitografia Cesare Ferrari

Chinazzi D. (1865). *Cronaca della Guerra di Chioggia: pubblicata da Lodovico Anton Muratori ed ora in comoda forma ridotta e diligentemente riveduta e corretta*. Milano: G. Daelli e comp. Editori.

Gallicciolli G. (1775). *Delle memorie venete antiche profane ed ecclesiastiche raccolte da Giambat-tista Gallicciolli*. Venezia: Domenico Fracasso editore.

Labaa G. M. (coautore). (1977). *Le mura di Bergamo*. Bergamo: Azienda Autonoma di Turismo.

Melandri G. (1814). *Saggio di pirotecnia: che contiene la fabbricazione delle polveri da cannone a Venezia*. Treviso: Tipografia di Antonio Paluello.

Panciera W. (2002). Alla man et al fogho, la polvere da sparo di Venezia nel secondo Cinquecento. In *Società e Storia*, vol 12. Milano: Franco Angeli, pp. 1000-1033.

Panciera, W. (2006). Venetian gunpowder in the second half of the Sixteenth Century: production, storage, use. In *Gunpowder,*

Explosives and the State. London: Routledge, pp. 117-146.

Parker G. (1988). *The Military Revolution: military innovation and the rise of the west*, 1500-1800. Cambridge: Cambridge University Press.

Settia A. A. (2008). *De re militari: pratica e teoria nella guerra medievale*. Roma: Viella Editore.

Tiozzo P. G. (1999). *Il forte San Felice di Chioggia*. Venezia: Stampa Poligrafica Venezia.

Valturio R. (1534). *De Re Militari* (ristampa dell'opera del 1483). Paris: Christian Wechel.

Authors

Alessio Cardaci, School of Engineering, University of Bergamo, Bergamo, alessio.cardaci@unibg.it
Antonella Versaci, Faculty of Engineering and Architecture, University of Enna 'Kore', Enna, antonella.versaci@unikore.it

To cite this chapter: Cardacci Alessio, Versaci Antonella (2022). I 'Torresini da Polvere' della Repubblica di Venezia: i depositi in via Beltrami a Bergamo e del forte San Felice a Chioggia/The Torresini da Polvere of the Republic of Venice. The powderhouses in via Beltrami in Bergamo and in the San Felice fort in Chioggia. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers.* Milano: FrancoAngeli, pp. 261-277.

 Isbn 9788835141938